



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 46 874 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 D 41/22**

⑦1 Aktenzeichen: 199 46 874.5.  
⑦2 Anmeldetag: 30. 9. 1999  
④3 Offenlegungstag: 5. 4. 2001

DE 199 46 874 A 1

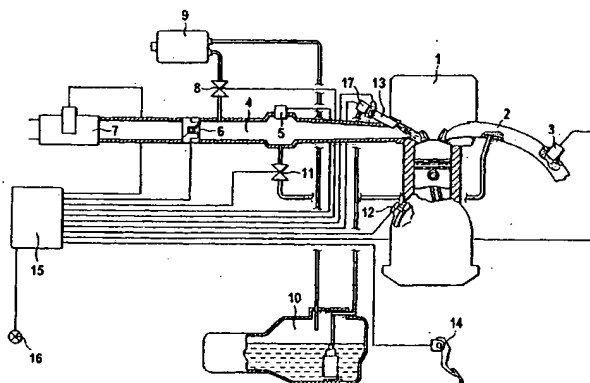
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Langer, Winfried, Dr., 75428 Illingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 Diagnose von Stellgliedern und Sensoren in Verbindung mit der Gemischbildung bei Brennkraftmaschinen

- ⑤7 Vorgelegt wird ein Verfahren zur Feststellung von Ursachen für Fehler in der Bildung des Kraftstoff/Luftgemisches für einen Verbrennungsmotor mit den Schritten:
- Erfassen verschiedener Betriebsparameter des Verbrennungsmotors,
  - Bildung von wenigstens 3 Lastsignalen, welche jeweils die Luftmenge repräsentieren, die in den Verbrennungsmotor strömt, auf der Basis zumindest teilweise verschiedener Betriebsparameter,
  - Bilden verschiedener Paare von je 2 Lastsignalen,
  - Feststellen von Abweichungen der je 2 Lastsignale eines Paares untereinander für verschiedene Paare,
  - Zuordnen von verschiedenen Ursachen zu verschiedenen Kombinationen aus Paaren, in denen Abweichungen festgestellt wurden.



DE 199 46 874 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Bekannte Diagnoseverfahren sehen eine Prüfung einzelner Sensoren oder Stellglieder oder ihrer Wirkungsketten vor. Die DE 36 24 441 beschreibt ein Diagnoseverfahren für ein Tankentlüftungsventil, bei dem zeitgleich mit dem Öffnen des Tankentlüftungsventils ein Leerlaufsteller gegenläufig geschlossen wird. Im Gutzustand sollen sich die Wirkungen der Ansteuerung beider Stellglieder aufheben.

Zur Diagnose der Abgasrückführung ist es bekannt, die Temperaturerhöhung im Saugrohr bei aktiver Abgasrückführung zu messen.

Weiter ist aus dem Kraftfahrtechnischen Taschenbuch, 22. Auflage, Seite 481, eine integrierte Diagnose für Motorsteuergeräte bekannt, bei der u. a. beim Ausfall des Lastsensors (Luftmasse, Luftmenge, Saugrohrdruck) aus Drehzahl und Drosselklappenwinkel ein Ersatzsignal gebildet wird.

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der weiteren Verbesserung der Eigendiagnose von Motorsteuerungssystemen, insbesondere für Verbrennungsmotoren mit variabler Abgasrückführung.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Erfindungsgemäß erfolgt zur Feststellung von Ursachen für Fehler in der Bildung des Kraftstoff/Luftgemisches für einen Verbrennungsmotor die Schrittfolge:

- Erfassen verschiedener Betriebsparameter des Verbrennungsmotors,
- Bildung von wenigstens 3 Lastsignalen, welche jeweils die Luftmenge repräsentieren, die in den Verbrennungsmotor strömt, auf der Basis zumindest teilweise verschiedener Betriebsparameter
- Bilden verschiedener Paare von je 2 Lastsignalen
- Feststellen von Abweichungen der je 2 Lastsignale eines Paares untereinander für verschiedene Paare
- Zuordnen von verschiedenen Ursachen zu verschiedenen Kombinationen aus Paaren, in denen Abweichungen festgestellt wurden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

In einem Ausführungsbeispiel werden als Betriebsparameter wenigstens drei der folgenden Größen erfasst:

- Signal eines Luftmassenmessers
- Signal eines Drehzahlgebers
- Signal eines Saugrohrdrucksensors
- Signal einer Abgassonde
- Signal eines Kraftstoffdrucksensors.

Dabei kann

- ein erstes Lastsignal  $rl\_hfm$  auf der Basis des Signals eines Luftmassenmessers gebildet werden,
- ein zweites Lastsignal  $rl\_ps$  auf der Basis eines Saugrohrdruckgebers und eines Drehzahlgebers gebildet werden und ein
- drittes Lastsignal  $rl\_rk$  auf der Basis der Einspritzzeit, des Signals eines Kraftstoffdrucksensors und des Signals einer Abgassonde gebildet werden.

Weiterhin werden als verschiedene Paare von je 2 Lastsignalen

- ein erstes Paar aus erstem und zweitem Lastsignal

gebildet,

- ein zweites Paar aus erstem und drittem Lastsignal gebildet,
- ein drittes Paar aus zweitem und drittem Lastsignal gebildet.

Abweichungen in jedem Paar einer Kombination aus erstem, zweitem und dritten Paar wird ein defektes Tankentlüftungsventil als Fehlerursache zugeordnet.

Abweichungen im ersten und im dritten Paar einer Kombination aus erstem, zweitem und dritten Paar wird ein defekter Saugrohrdrucksensor oder ein defektes Abgasrückführventil oder ein verstopfter Luftfilter als Fehler zugeordnet.

Abweichungen im ersten und im zweiten Paar einer Kombination aus erstem, zweitem und dritten Paar wird ein defekter Luftmassenmesser oder ein Leck im Saugrohrmodul zugeordnet.

Abweichungen im zweiten und im dritten Paar einer Kombination aus erstem, zweitem und dritten Paar wird ein defekter Kraftstoffdrucksensor zugeordnet.

Zur Unterscheidung eines defekten Saugrohrdrucksensors von einem defekten Abgasrückführventil oder einem verstopften Luftfilter kann ergänzend ein erster Wert für den Druck vor der Drosselklappe aus dem Saugrohrdruck (hinter der Drosselklappe), dem Drosselklappenwinkel und der Drehzahl im Betrieb des Verbrennungsmotors abgespeichert werden,

- und ein zweiter Wert für den Saugrohrdruck im Stillstand (entsprechend dem Druck vor der Drosselklappe) des Verbrennungsmotors erfaßt und mit dem ersten Wert verglichen werden.
- Bei Gleichheit beider Saugrohrdruckwerte wird der Saugrohrdrucksensor als defekt gemeldet und bei
- Überschreiten des ersten Wertes durch den zweiten Wert wird der Luftfilter als verstopft gemeldet wird und bei
- bei Unterschreiten des ersten Wertes durch den zweiten Wert wird das Abgasrückführventil als defekt gemeldet.

## Vorteile der Erfindung

Die Erfindung erlaubt eine Unterscheidung von Fehlern

- des Luftmassenmessers,
- des Saugrohrdrucksensors,
- des Abgasrückführventils,
- der Tankentlüftung,
- des Kraftstoffdrucksensors

sowie die Detektion von Leckluft im Saugrohr oder eines verstopften Luftfilters.

Von besonderem Vorteil ist, daß die Ursache einer fehlerhaften Gemischbildung mit relativ einfachen Funktionen ermittelt werden kann.

## Zeichnung

Fig. 1 zeigt das technische Umfeld der Erfindung.

Fig. 2 offenbart ein Flußdiagramm als Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Fig. 1 bezeichnet die 1 einen Verbrennungsmotor, die 2 ein Abgasrohr, die 3 eine Abgassonde, die 4 ein Saugrohr, die 5 einen Saugrohrdrucksensor die 6 eine elektrisch verstellbare Drosselklappe, die 7 einem Luftmassenmesser, die

8 ein Tankentlüftungsventil, die 9 einen Aktivkohlebehälter, die 10 einen Kraftstofftank, die 11 ein Abgasrückführventil, die 12 einen Drehzahlsensor, die 13 ein Kraftstoffeinspritzventil, die 14 ein Fahrpedalmodul, die 17 einen Kraftstoffdrucksensor und die 15 ein Steuergerät. Die Ziffer 16 stellt ein Mittel zur Anzeige und/oder Abspeicherung von Diagnoseergebnissen dar, bspw. eine Fehlerlampe oder eine Speicherzelle zur Abspeicherung eines detaillierten Fehlercodes.

Der Luftmassenmesser, beispielsweise ein Heißfilmluftmassenmesser hfm mißt direkt die Luftmasse ml, die in das Saugrohr strömt. Dazu wird der über einen Ansaugtakt gemittelte Luftmassenstrom  $dml/dt$  mit der Ansaugtakzeit multipliziert. Im stationären Zustand entspricht dies direkt der Luftfüllung des ansaugenden Zylinders, sofern keine weiteren Zuflüsse zwischen Luftmassenmesser und Zylinder auftreten. Weitere Zuflüsse sind über ein Tankentlüftungsventil und/oder ein Abgasrückführventil und/oder ein Leck im Saugrohr möglich. Das aus dem Signal des Heißfilmluftmassenmessers gewonnene Signal wird im folgenden als rl-hfm bezeichnet.

Der Saugrohrdrucksensor mißt den Gesamtdruck  $p_{\text{saug}}$  des Gases im Saugrohr. Zwischen  $p_{\text{saug}}$  und der Gasfüllung der Zylinder besteht ein linearer Zusammenhang. Der für die Kraftstoffzumessung relevante Frischluftanteil an dieser Gasfüllung hängt insbesondere auch davon ab, ob Zuflüsse von Abgas über die Abgasrückführung auftreten. Das aus dem Signal eines Saugrohrdrucksensors gewonnene Lastsignal wird im folgenden als rl-ps bezeichnet.

Die Luftfüllung läßt sich auch gewissermaßen rückwärts aus der eingespritzten Kraftstoffmasse rk und einem Signal Lambda über die Sauerstoffkonzentration im Abgas bestimmen.

Die Kraftstoffmasse rk hängt von der Geometrie des Einspritzventils, dem Kraftstoffdruck und der Ventilöffnungszeit ab. Die Geometrie (z. B. Durchflußquerschnitt im geöffneten Zustand) ist konstruktiv fest vorgegeben. Die Ventilöffnungszeit liegt im Steuergerät vor und der Kraftstoffdruck liegt als Meßgröße vor. Die ebenfalls als Meßgröße Lambda vorliegende Sauerstoffkonzentration im Abgas bestimmt den Proportionalitätsfaktor zwischen Luftfüllung rl des Zylinders und der für diesen Zylinder so gemessenen Kraftstoffmasse rk. Für  $\Lambda = 1$  ist der Proportionalitätsfaktor bekanntlich  $14,7$  ( $rl = 14,7 \cdot rk$ ). Das aus der Kraftstoffmasse berechnete Kraftstoffsignal wird im folgenden als rl-rk bezeichnet.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung, wie es in Fig. 2 dargestellt ist, werden die drei Lastsignale  $L_1 = rl\text{-hfm}$ ,  $L_2 = rl\text{-ps}$  und  $L_3 = rl\text{-rk}$  gebildet. Siehe Schritt 2.1 Die für die Bildung benötigten und vorher erfaßten Betriebsparameter sind zumindest teilweise verschieden: Das Signal des Luftmassenmessers wird nicht zur Bildung von rl-ps oder rl-rk benutzt. Das Signal des Saugrohrdrucksensors wird nicht zur Bildung von rl-hfm oder rl-rk benutzt. Die Kraftstoffmasse wird nicht zur Bildung von rl-hfm, rl-ps benutzt.

Erfindungsgemäß werden die drei Lastsignale im Schritt 2.2 jeweils paarweise miteinander verglichen. Die Paare, in denen Abweichungen festgestellt wurden, werden im Schritt 2.3 zu einer Kombination zusammengefaßt. Unterschiedlichen Kombinationen von Abweichungen werden unterschiedliche Ursachen für die Abweichungen zugeordnet.

Dabei lassen sich folgende Kombinationen unterscheiden:

1.  $rl\text{-hfm} \neq rl\text{-ps}$  und  $rl\text{-hfm} \neq rl\text{-rk}$  und  $rl\text{-ps} \neq rl\text{-rk}$ . Dieser Kombination, die beim Bejahen von Schritt 2.4 vorliegt, wird im Schritt 2.5 ein defektes Tankentlüftungsventil (TEV) als Ursache der Abweichungen zugeordnet.

Über ein defektes Tankentlüftungsventil strömt  $rl\text{-rk} < rl\text{-hfm}$ . Wegen  $rl\text{-ps} > rl\text{-hfm}$  gilt dann  $rl\text{-rk} < rl\text{-hfm} < rl\text{-ps}$  und damit  $rl\text{-rk} \neq rl\text{-ps}$ .

2. Bei  $rl\text{-hfm} \neq rl\text{-ps}$ ,  $rl\text{-hfm} \neq rl\text{-rk}$ ,  $rl\text{-ps} \neq rl\text{-rk}$  ist der Saugrohrdrucksensor oder das Abgasrückführventil (AGR-Ventil) defekt. Siehe dazu die Schritte 2.6 und 2.7.

Bei der Übereinstimmung von rl-hfm und der aus der Kraftstoffmasse rk zurückberechneten Luftfüllung rl-rk kann davon ausgegangen werden, daß die ganze Berechnungskette mit den beteiligten Signalen in Ordnung ist.

Eine Abweichung von rl-ps kann dann auf einen fehlerhaften Saugrohrdrucksensor oder auf einen tatsächlich durch Inertgas erhöhten Saugrohrdruck beruhen.

Eine Druckerhöhung durch Inertgas tritt typischerweise durch ein defekt offenes Abgasrückführventil auf. Dies führt zu einer Verringerung der Ansaugluftmenge, die aber vom hfm registriert wird. Der Anteil der Frischluft an der Gasfüllung des Zylinders ändert sich wie die vom hfm registrierte Ansaugluftmenge, so daß die auf dem hfm-Signal basierende Kraftstoffzumessung der Änderung der Luftmenge folgt. Der infolge des defekt offenen Abgasrückführventils erhöhte Inertgasanteil an der Zylinderfüllung ändert daher den Lambda-Wert nicht, so daß letztlich rl-rk und rl-hfm übereinstimmen.

Zur Unterscheidung eines defekt offenen Abgasrückführventils von einem defekten Saugrohrdrucksensor wird das Saugrohrdrucksensorsignal im Betrieb des Motors im Schritt 2.10 gespeichert ( $ps_1$ ). Bei anschließendem Stillstand des Motors wird der Saugrohrdruck  $ps_2$  im Nachlauf des Steuergerätes bei Drehzahl  $n = 0$  im Schritt 2.11 gemessen und gespeichert.  $ps_2$  entspricht daher dem Umgebungsdruck. Wenn  $ps_2 = ps_1$  ist, gilt der Saugrohrdrucksensor als defekt. Siehe Schritt 2.13. Wenn  $ps_2$  kleiner als  $ps_1$  ist, ist das Abgasrückführventil defekta offen. Vergleiche Schritte 2.14 und 2.15. Wenn  $ps_2$  größer als  $ps_1$  ist, ist der Luftfilter verstopft (warum?). Dies wird in den Schritten 2.16 und 2.17 festgestellt.

3. Bei  $rl\text{-hfm} \neq rl\text{-ps}$ ,  $rl\text{-hfm} \neq rl\text{-rk}$ ,  $rl\text{-ps} = rl\text{-rk}$  ist das Luftmassenmessersignal gestört. Siehe Schritte 2.8 und 2.9. Wenn die Kraftstoffmasse rk aus einem fehlerbehafteten rl-hfm abgeleitet wird, stellt sich nicht der erwartete Lambda-Wert ein. Gleichwohl läßt sich aus dem gemessenen Lambda-Ist-Wert und der Kraftstoffmasse der richtige Wert für rl-rk für die Luftmasse berechnen. rl-rk wird nicht mit dem fehlerbehafteten rl-hfm übereinstimmen. Die Übereinstimmung von rl-rk und rl-ps führt dann zu dem Schluß auf ein fehlerhaftes hfm-Signal als Ursache der Abweichungen.

Ein fehlerhaftes hfm-Signal kann durch einen hfm-Fehler oder ein Frischluftleck im Saugrohr, also hinter dem hfm verursacht werden.

Beide Fehlermöglichkeiten lassen sich durch eine Zusatzprüfung unterscheiden. Dazu wird im Schritt 2.18 ein Erwartungswert bzw Grenzwert EW den Saugrohrdruck aus einem Kennfeld eingelesen. Ein Leck hat einen Saugrohrdruck zur Folge, der oberhalb eines von Drosselklappenstellung  $\alpha_{\text{phaDK}}$  (Öffnungswinkel) und Drehzahl  $n$  abhängigen Erwartungswertes EW liegt. Bei einem Leck wird demnach die Abfrage 2.19 bejaht, was zu Leckfeststellung im Schritt 2.20 führt. Andernfalls wird im Schritt 2.21 ein Defekt des Luftmassenmessers festgestellt. Alle festgestellten Fehler können im Steuergerät gespeichert und/oder dem Fahrer über die Fehlerlampe angezeigt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Feststellung von Ursachen für Fehler in der Bildung des Kraftstoff/Luftgemisches für einen Verbrennungsmotor mit den Schritten:

- Erfassen verschiedener Betriebsparameter des Verbrennungsmotors,
  - Bildung von wenigstens 3 Lastsignalen, welche jeweils die Luftmenge repräsentieren, die in den Verbrennungsmotor strömt, auf der Basis zumindest teilweise verschiedener Betriebsparameter 5
  - Bilden verschiedener Paare von je 2 Lastsignalen
  - Feststellen von Abweichungen der je 2 Lastsignale eines Paares untereinander für verschiedene Paare 10
  - Zuordnen von verschiedenen Ursachen zu verschiedenen Kombinationen aus Paaren, in denen Abweichungen festgestellt wurden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Betriebsparameter wenigstens drei der folgenden Größen erfasst werden, 15
- Signal eines Luftmassenmessers
  - Signal eines Drehzahlgebers
  - Signal eines Saugrohrdrucksensors 20
  - Signal einer Abgassonde
  - Signal eines Kraftstoffdrucksensors.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß 25
- ein erstes Lastsignal  $rl\_hfm$  auf der Basis des Signals eines Luftmassenmessers gebildet wird,
  - ein zweites Lastsignal  $rl\_ps$  auf der Basis eines Saugrohrdruckgebers und eines Drehzahlgebers gebildet wird und ein 30
  - drittes Lastsignal  $rl\_rk$  auf der Basis der Einspritzzeit, des Signals eines Kraftstoffdrucksensors und des Signals einer Abgassonde gebildet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als verschiedene Paare von je 2 Lastsignalen 35
- ein erstes Paar aus erstem und zweitem Lastsignal gebildet wird,
  - ein zweites Paar aus erstem und drittem Lastsignal gebildet wird, 40
  - ein drittes Paar aus zweitem und drittem Lastsignal gebildet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei Abweichungen in jedem Paar einer Kombination aus erstem, zweitem und drittem Paar ein defektes Tankentlüftungsventil als Fehlerursache zugeordnet wird. 45
6. Verfahren nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei Abweichungen im ersten und im dritten Paar einer Kombination aus erstem, zweitem und 50
- dritten Paar ein defekter Saugrohrdrucksensor oder ein defektes Abgasrückführventil oder ein verstopfter Luftfilter als Fehler zugeordnet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei Abweichungen im ersten und im 55
- zweiten Paar einer Kombination aus erstem, zweitem und dritten Paar ein defekter Luftmassenmesser oder ein Leck im Saugrohrmodul zugeordnet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei Abweichungen im zweiten und im 60
- dritten Paar einer Kombination aus erstem, zweitem und dritten Paar ein defekter Kraftstoffdrucksensor zugeordnet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, 65
- daß ergänzend ein erster Wert für den Saugrohrdruck im Betrieb des Verbrennungsmotors abgespeichert wird,

- daß ein zweiter Wert für den Saugrohrdruck im Stillstand des Verbrennungsmotors erfaßt und mit dem ersten Wert verglichen wird,
- daß bei Gleichheit beider Saugrohrdruckwerte der Saugrohrdrucksensor als defekt gemeldet wird,
- daß bei Überschreiten des ersten Wertes durch den zweiten Wert der Luftfilter als verstopft gemeldet wird und
- daß bei Unterschreiten des ersten Wertes durch den zweiten Wert das Abgasrückführventil als defekt gemeldet wird.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 1

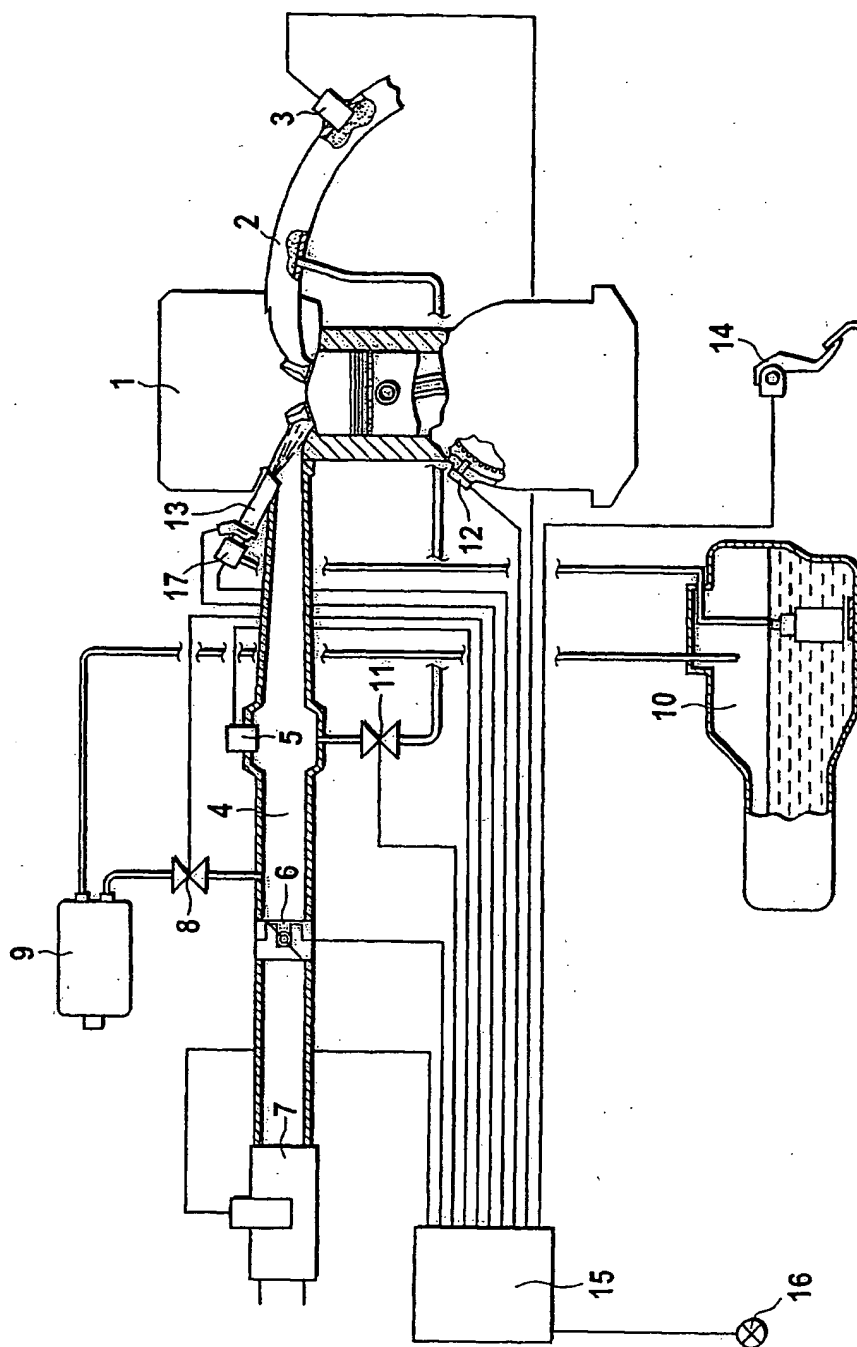
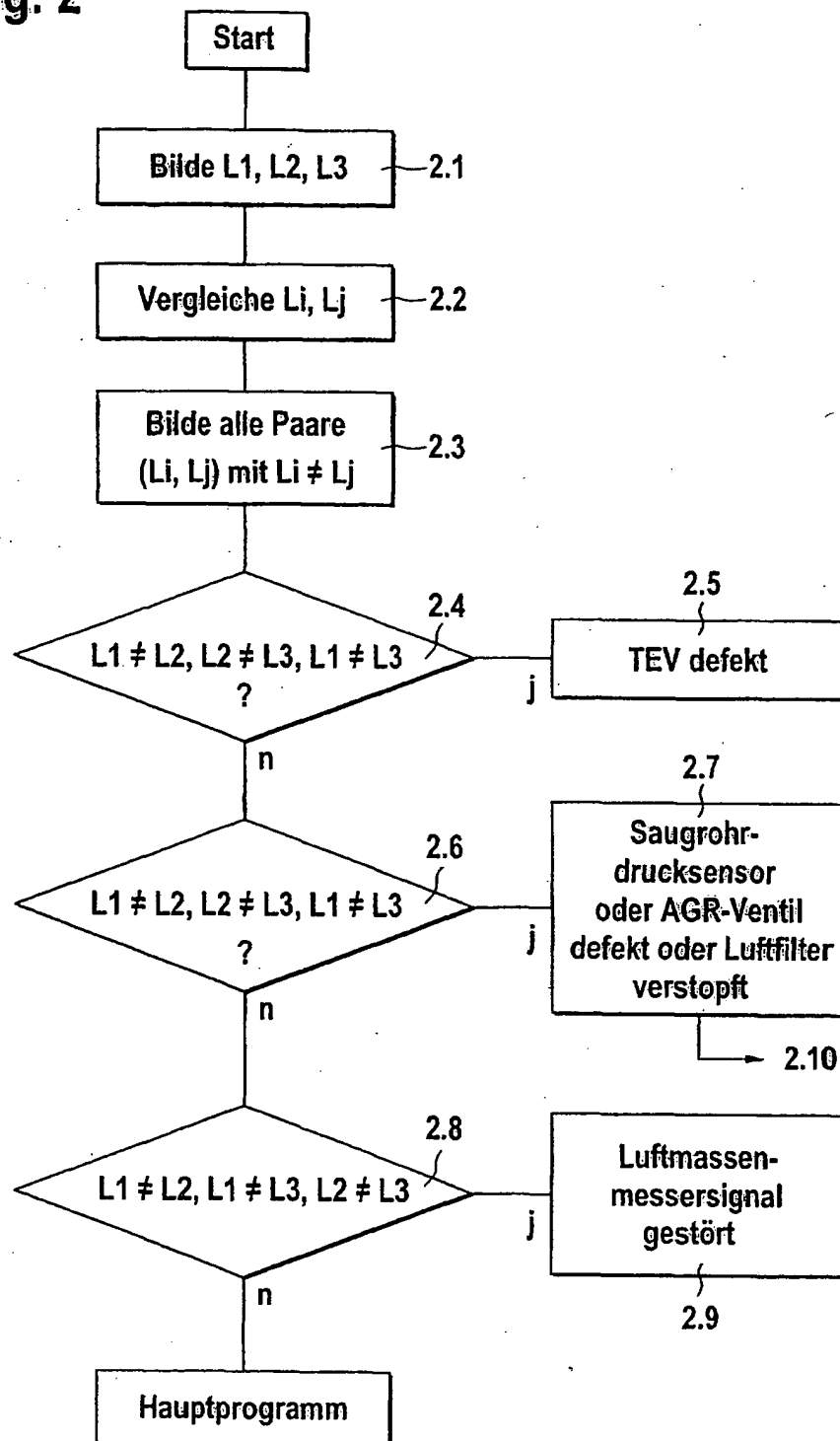


Fig. 2



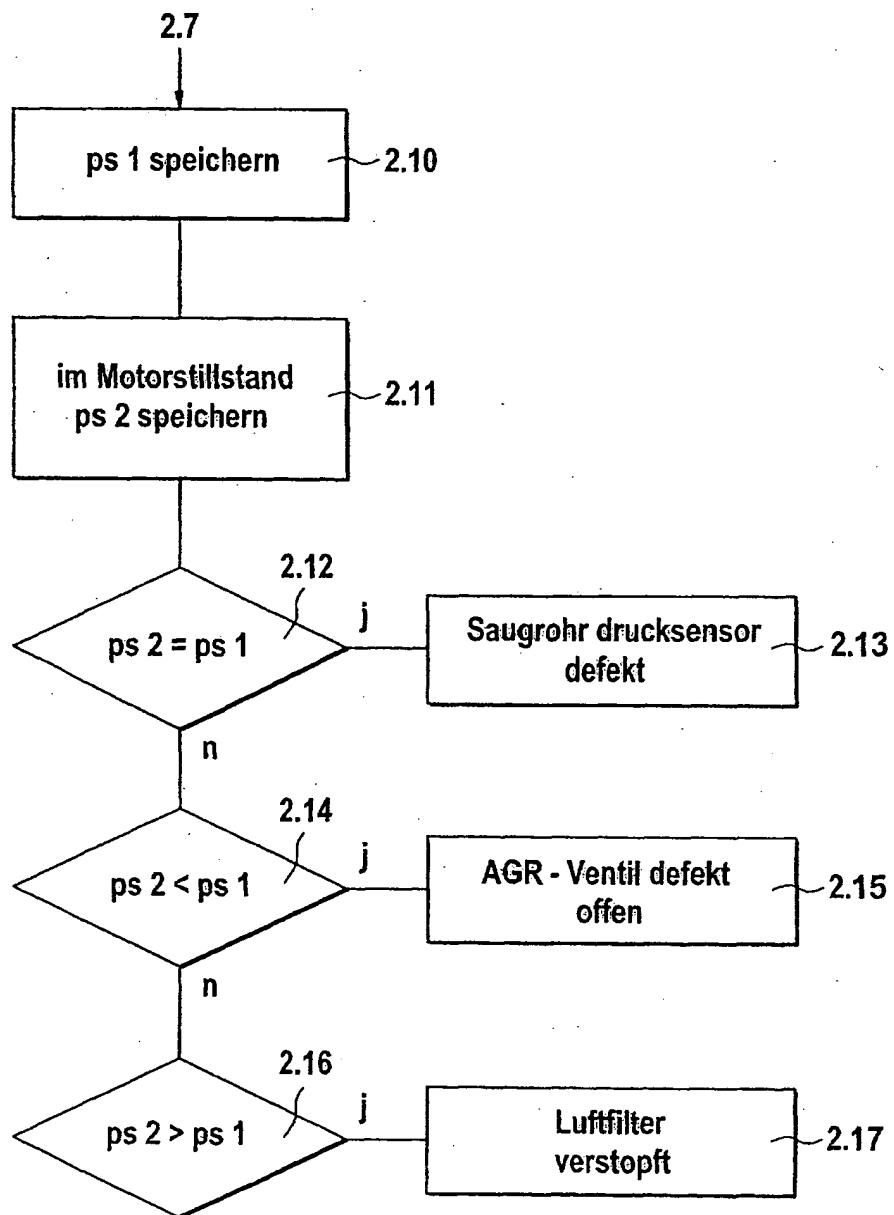
**Fig. 2b**

Fig. 2c

